



SIMULACIÓN TÉRMICA MEDIANTE ESP-r DEL ALA OESTE DEL EDIFICIO DE ECOCOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA¹

Alejandro Hernández y Graciela Lesino²

INENCO – Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional – U.N.Sa. - CONICET

Universidad Nacional de Salta

Avda. Bolivia N° 5150, 4400, Salta, Argentina

FAX: 54-87-4255489, Tel: 54-87-4255579

EMAIL: alejo@unsa.edu.ar, lesino@unsa.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de la simulación del comportamiento térmico de un edificio solar pasivo perteneciente a la Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. El diseño minimiza los requerimientos de calefacción y refrescamiento convencionales y resulta térmicamente confortable durante todo el año. Una campaña de monitoreo de 8 días de extensión fue realizada durante el otoño bajo condiciones de ocupación diurna. Las variables monitoreadas fueron: temperatura exterior e interior de cada local, radiación solar y velocidad de viento. Los resultados demostraron un excelente comportamiento térmico - energético del edificio. La simulación de los valores de temperatura interior medidos fue realizada con el código ESP-r y en este trabajo se presentan sus resultados, comparándolos gráficamente con los valores medidos.

Palabras claves: Simulación de Edificios, Arquitectura Bioclimática.

INTRODUCCION

El edificio, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPa), Argentina, dispone de acondicionamiento térmico solar pasivo para la época invernal y tubos enterrados para el refrescamiento pasivo en verano. Oficinas para docentes-investigadores al Norte y laboratorios de ensayos fito-biológicos al Sur se integran a un Invernadero central y un pasillo de comunicación en un diseño morfológicamente compacto y energéticamente eficiente. Fue habilitado en Julio de 1995 y su ala Este evaluada durante dos años en condiciones reales de ocupación (Filipin et al, 1998) sin que fuera necesario utilizar calefacción auxiliar durante los periodos de medición. En marzo de 1999 el ala Oeste del edificio fue monitoreada durante 8 días bajo un régimen de ocupación diurna (Hernández et al, 1999a) y los resultados obtenidos fueron simulados (Hernández et al, 1999b) con el programa detallado SIMEDIF desarrollado en el INENCO (Flores et al, 2001).

En 1974 Joe Clarke, desarrolló durante su formación doctoral, el prototipo de código computacional ESP-r (Environmental Systems Performance, r por research) para la simulación energética de edificios (ESRU, 2002) y desde entonces evolucionó hasta su estado actual a través del aporte de numerosos investigadores y de la ESRU (Energy Simulation Research Unity) de la University of Strathclyde en Glasgow, U.K. Actualmente es considerado un programa de referencia en la arquitectura solar pasiva de Europa.

Dada la gran potencialidad y variedad de cálculos que pueden realizarse con él, los autores de este trabajo emplearon el ESP-r en la simulación del comportamiento térmico del ala Oeste del edificio de la UNLPa. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en dicha simulación comparándolos con los valores medidos en marzo de 1999.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio tiene un área cubierta de 315 m² y un volumen de 631,5 m³. La figura 1 muestra una vista en planta y la 2 una vista en corte. Los locales identificados con el número 1 son oficinas, los identificados con el número 2 laboratorios y el 3 es el invernadero. El acceso al edificio, con doble puerta, se realiza por el sector identificado con el número 4.

Para el acondicionamiento térmico de invierno, el edificio cuenta con grandes ventanales con doble vidrio al norte en las oficinas y en los laboratorios (por quiebre de techo). Todos los muros son de ladrillo macizo. Los techos y las paredes de la fachada contienen en su interior aislación térmica de poliestireno expandido. Para el acondicionamiento de verano las oficinas disponen de ductos enterrados a una profundidad de 0,8 m con bocas de entrada sobre el sector norte. Estos túneles, contruidos con ladrillo, tienen 0,2 m de alto por 0,4 m de ancho y longitudes que varían entre 4 y 12 m aproximadamente.

¹ Trabajo financiado por ANPCYT PICT 2000 N°13-09991 y por CIUNSa N°1088.

² Investigadora de CONICET.

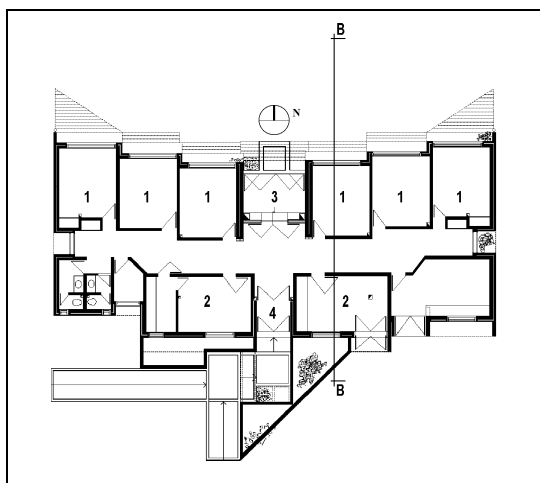


Figura 1: Vista en planta

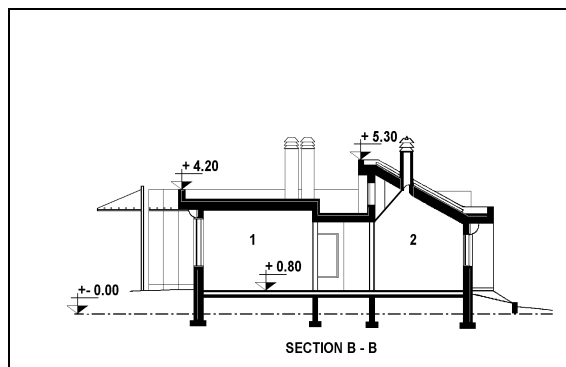


Figura 2: Vista en corte

HIPOTESIS DE TRABAJO

El monitoreo del edificio se realizó sólo en el ala oeste del edificio por no contarse con equipo suficiente para hacer una medición detallada del total del mismo. Esta decisión está fundamentada en la simetría geométrica del edificio respecto del plano norte-sur que permite suponer un comportamiento térmico simétrico respecto de dicho plano. Se descartó entonces la influencia del ala este colocando tabiques adiabáticos imaginarios (según la línea Norte-Sur) en el centro del invernadero y del pasillo en el sector de ingreso al edificio con lo cual se presupone que no existen flujos de energía entre ambas alas.

PARAMETROS DE LA SIMULACION

Concentrando la atención en el ala oeste de la figura 1, los locales simulados fueron las tres oficinas identificadas en este trabajo, de izquierda a derecha, como Oficina 1, Oficina 2 y Oficina 3; los dos baños ubicados en el extremo sudoeste del edificio; el Laboratorio 2; el local contiguo a los baños identificado como Laboratorio 3; el Invernadero y el Pasillo entre las oficinas y los laboratorios.

En base a los planos de construcción del edificio se determinaron los datos geométricos, obteniéndose las propiedades físicas de los materiales previstos en el pliego de licitación a partir de tablas (Incropera et al., 1990). Se fijaron los coeficientes convectivos interiores sobre paredes, pisos, techos y tabiques de locales sin ganancia solar en 6 W/m^2 y en 8 W/m^2 para los asoleados. Los coeficientes convectivos externos se fijaron en 12 W/m^2 , valor que corresponde a una velocidad media de viento de $1,6 \text{ m/s}$, de acuerdo a los valores medidos.

El ESP-r diferencia los flujos de aire como renovaciones de aire por hora y tasas de ventilación. Las primeras gobiernan el intercambio energético **entre el interior y el exterior** del edificio debido a la infiltración del aire a través de rendijas en los cerramientos. Las tasas de ventilación, por su parte, cuantizan los movimientos de aire **entre locales** ya sea por convección natural o forzada mediante ventiladores. Tanto las renovaciones como las ventilaciones pueden ingresarse hora por hora dentro de tres posibles períodos de tiempo: *día de semana* (lunes a viernes), *sábado* y *domingo*. El inconveniente de esta división es que no se puede distinguir entre días de semana. El número de renovaciones de aire por hora (hacia el exterior) asignado a cada local figura en la tabla 1. Al no haber sido evaluadas durante el monitoreo, estas cantidades se comportan como variables de ajuste de la simulación.

Ofics. 1 y 2	Oficina 3	Invernadero	Pasillo	Baños	Laborat. 2	Laborat. 3
2,5	2	3	1,5	1,5	1	0,5

Tabla 1: Valores de renovaciones de aire por hora de cada local.

Durante el período de medición se mantuvieron cerradas las puertas de los distintos locales a fin de evitar los flujos interzonas, razón por lo cual no se incluyeron tasas de ventilación en la simulación.

En el ESP-r las ganancias de calor generadas por las personas y los artefactos eléctricos pueden ingresarse, según corresponda, dentro de los tres períodos de tiempo mencionados anteriormente. Para un mismo día pueden seleccionarse intervalos temporales con distintos valores de potencia térmica lo cual permite ejercer un control suficientemente detallado sobre estos aportes energéticos. Dado que los investigadores ocupan el edificio de lunes a viernes entre las 9 y las 18 hs., se ingresó en las tres Oficinas y el Laboratorio 2 una potencia promedio de 156 W (correspondiente al calor generado por una persona realizando actividad de escritorio), entre esas horas en el período correspondiente a *día de semana*. Durante el período de monitoreo se estaban realizando en el invernadero experiencias de crecimiento de plantas con iluminación

artificial. El conjunto de lámparas empleado generaba una carga térmica del orden de 1.000 W la que fue ingresada al simulador como ganancia de origen lumínico. La variabilidad en el encendido y apagado de las lámparas no pudo reproducirse con exactitud debido a que, como ya se expresara, dentro del período *día de semana* no puede distinguirse un día de otro.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

A fin de alcanzar las condiciones iniciales para el período de monitoreo se simularon 15 días previos con datos de temperatura ambiente y radiación solar obtenidos en la estación meteorológica ubicada dentro del predio de la universidad. A partir de allí se continuó la simulación con los datos meteorológicos medidos alrededor del edificio durante ocho días.

A continuación se presentan gráficos donde se comparan los valores medidos y simulados de los ocho locales de mayor interés: oficinas 1, 2 y 3, laboratorios 2 y 3, baño de damas (el más frío de los dos), invernadero y pasillo. En las 4 gráficas, los sectores interrumpidos en las curvas de datos medidos corresponden a periodos en los que el equipo de monitoreo salió de funcionamiento. Las curvas simuladas dan la tendencia del comportamiento térmico de los locales en esos periodos.

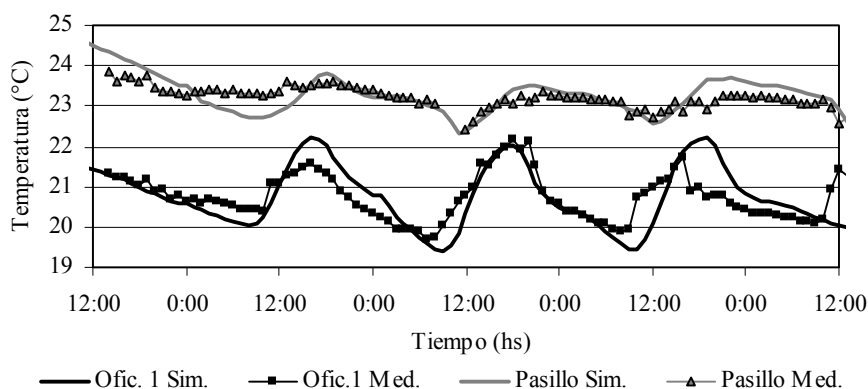


Figura 3: Comparación de los valores medidos y simulados de la oficina 1 y del pasillo.

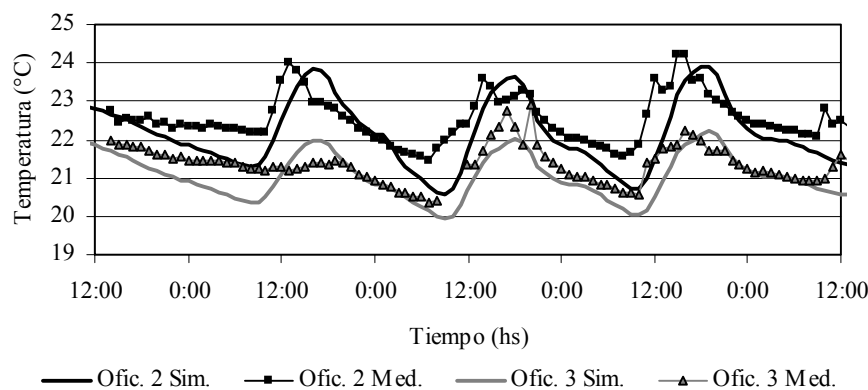


Figura 4: Comparación de valores medidos y simulados de las oficinas 2 y 3.

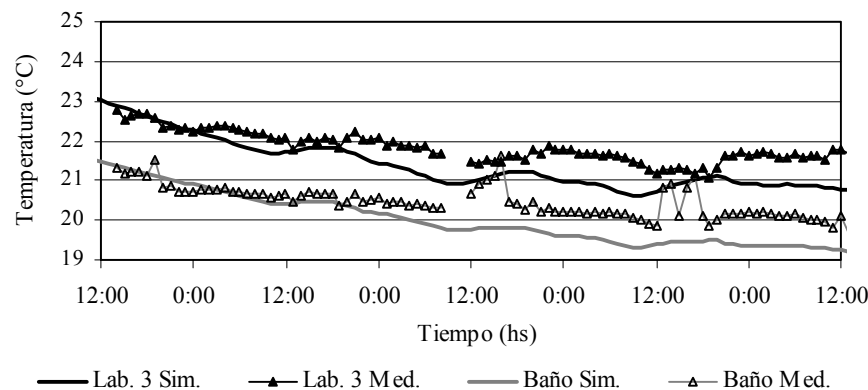


Figura 5: Comparación de valores medidos y simulados del Laboratorio 3 y del Baño de Damas.

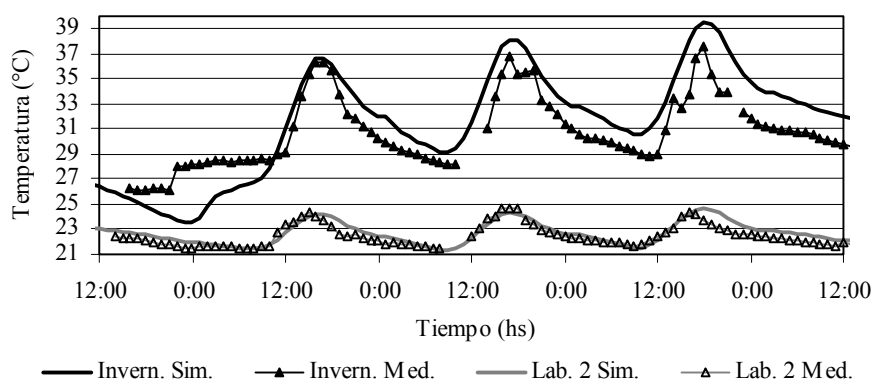


Figura 6: Comparación de valores medidos y simulados del invernadero y laboratorio 2.

En la Figura 3 se aprecia que los valores medidos y simulados de la oficina 1 y del pasillo ajustan con un error máximo del orden de 1 °C, con buen acuerdo entre las temperaturas medias, las amplitudes y las horas del día en que se producen los máximos y mínimos. Lo mismo ocurre con la oficina 3 según se observa en la Figura 4.

La curva simulada correspondiente a la oficina 2 presenta mayor amplitud térmica que la de los valores medidos, con una media algo inferior, pero con un error de ajuste que sigue siendo del orden de 1 °C.

En la Figura 5 se observa que el error de ajuste para el Laboratorio 3 y el Baño de Damas es inferior a 1 °C, existiendo un marcado desfase entre los valores medidos y simulados en el Laboratorio. Este local, de pequeño volumen, permanece habitualmente cerrado ya que en su interior se encuentra un microscopio óptico que no es utilizado a diario, razón por la cual no se da mayor importancia al desfase mencionado.

Finalmente, en la Figura 6 se comparan los resultados del invernadero y del laboratorio 2. En el caso específico del invernadero, si bien el ajuste sigue siendo muy bueno ya que coinciden las amplitudes térmicas diarias y los momentos en que se producen los máximos y mínimos, se evidencia en la curva simulada una tendencia de mayor crecimiento de la temperatura media que la correspondiente a los datos medidos. Esta discrepancia puede atribuirse a la imposibilidad de reproducir correctamente el patrón de encendido de las lámparas utilizadas en el experimento mencionado lo cual interfiere notablemente en la entrada en régimen de este local.

Por su parte, el acuerdo entre valores medidos y simulados en el laboratorio 2 es excelente lo cual demuestra que la fuerte hipótesis de adiabaticidad supuesta en el plano medio del edificio permite simular el comportamiento del ala oeste con un aceptable grado de exactitud, independientemente de lo que ocurra térmicamente en los locales del ala este.

CONCLUSIONES

La hipótesis de trabajo planteada resultó ser suficientemente apropiada para la simulación de los datos medidos ya que la máxima diferencia entre medición y simulación es del orden de 1 °C en todos los locales.

En general, la forma de las curvas simuladas y los valores máximos y mínimos concuerdan con los de los valores medidos. Sin embargo, en las 3 oficinas existe un pequeño desfase temporal entre simulación y medición que puede deberse a la conexión existente con el exterior a través de los tubos enterrados los cuales intercambian el aire de acuerdo al patrón dinámico de vientos. Si bien estos tubos no fueron incluidos en el modelo del edificio, su influencia dinámica fue tenida en cuenta en forma estática a través de mayores números de renovaciones de aire por hora (ver tabla 1) ya que la temperatura de entrada a los túneles era similar a la del aire exterior.

La aplicación del simulador ESP-r a la evaluación del comportamiento térmico de este edificio bioclimático pasivo permitió adquirir experiencia en su manejo y comprobar que es uno de los más completos códigos de simulación térmico-energética de edificios disponibles en la actualidad.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la MSc Celina Filipín por la valiosa colaboración prestada durante el período de monitoreo y el facilitado de los planos y detalles técnicos del edificio.

REFERENCIAS

- ESRU (Energy Simulation Research Unity), (2002). ESP-r User Guide Version 10 Series. <<http://www.esru.strath.ac.uk>>
- Filipín C. y Beascochea A., (1998). Un Edificio Solar Pasivo Para la Universidad Nacional de La Pampa. Dos Años de Resultados. *AVERMA*, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Vol. 2, N° 1, Sección 3, 55 –58.

- Flores S. y Lesino G., (2001), A new code for the hour-by-hour thermal behavior simulation of buildings. *Proceedings of Seventh International IBPSA Conference*, 75-82. Río de Janeiro, Brasil.
- Hernández A., Salvo N., Filipin C. y Lesino G., (1999a). Medición del Comportamiento Térmico del Ala Oeste del Edificio de Ecología de la Facultad de Agronomía de la UNLPA. *AVERMA*, Vol. 3 - N° 2, Sección 8, 117 – 120.
- Hernández A., Flores S., Salvo N. y Lesino G., (1999b). Simulación no Estacionaria Mediante SIMEDIF del Ala Oeste del Edificio de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. *AVERMA*, Vol. 3 - N° 2, Sección 8, 113 – 116.
- Incropera F. & DEWitt P., (1990), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 3rd Edn. John Wiley & Sons, New York.

ABSTRACT

In this work, the results of a simulation for the thermal behavior of a passive solar building located at the National University of La Pampa, Argentina are presented. The design minimizes the heating and cooling conventional requirements and results thermally comfortable during the whole year. An 8 day monitoring campaign was carried out during the fall under day occupation conditions. The monitored variables were: External and internal temperature for each room, solar radiation and wind velocity. The simulation of interior temperature values was carried out with ESP-r code and this work presents its results, compared to the measured values.